

# Fotointerpretación. Geología y Geomorfología

La fotografía aérea es un caso particular de la teledetección en la que se utilizan plataformas a baja altura (aviones en lugar de satélites) con lo que la escala es mayor. Tradicionalmente se caracterizaba también por la utilización del papel como soporte y de las longitudes de onda del visible o infrarrojo. Sin embargo, en los últimos años el desarrollo de las cámaras digitales ha permitido la aparición de fotografía aérea digital y el uso de diversas bandas del espectro.

Este tema se va a centrar en la utilización de fotografía aérea vertical tradicional en papel ya que las técnicas de manejo de fotografía digital son muy similares a las de imágenes de satélite, y a la conveniencia de aprender su manejo en estudios de evolución del paisaje.

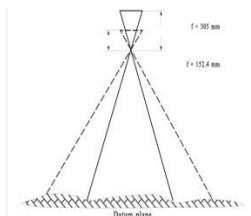
## 1 Técnica

A pesar de que podamos considerar a la fotointerpretación como un caso particular de la teledetección, existe una diferencia fundamental entre ambas técnicas. En teledetección se utiliza un dispositivo de barrido, mientras que en fotointerpretación se utiliza una cámara fotográfica con tecnología óptica. El resultado son distintos tipos de proyecciones.

Las cámaras utilizadas en fotografía aérea son cámaras de alta resolución y gran tamaño ya que deben impresionar un cliché de unos 23 por 23 cm.

Uno de los parámetros fundamentales a la hora de analizar una fotografía aérea es la distancia focal ( $f$ ) que se expresa en milímetros. A partir de esta y la altura de vuelo ( $H$ ) puede calcularse la escala ( $E$ ) de la fotografía resultante:

$$E=H/f$$



Por ejemplo, si la altura de vuelo son 5000 m. y la distancia focal 125 mm la escala de la fotografía resultante será 1:40000.

Las películas utilizadas pueden ser en blanco y negro o en color. Una imagen en blanco y negro registra la reflectividad del objeto fotografiado en una determinada región del

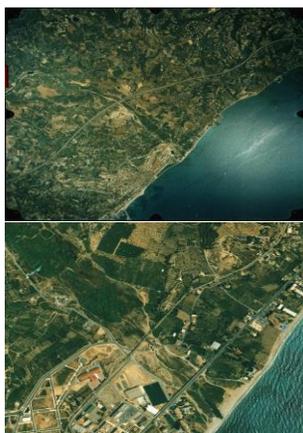
espectro electromagnético. Esta puede ser la banda del visible (pancromáticas) o incluir el infrarrojo. Las imágenes en color obtienen la reflectividad en diversas regiones del espectro y, posteriormente las combinan en una sola imagen asignando a cada banda un color, pueden obtenerse también solo para el visible o incluir infrarrojo. Estas posibilidades son las más utilizadas en fotografía aérea, sin embargo existen muchas otras posibilidades.

La selección de la banda del espectro que se desea fotografiar se hace colocando un filtro delante del objetivo para que sólo deje pasar aquella parte del espectro que nos interesa. Los filtros también pueden utilizarse para resaltar unos colores sobre otros o para atenuar los efectos de la atmósfera en fotografía aérea de gran altura.

## 2 La fotogramas aéreos

Una fotografía aérea se toma con una proyección cónica con deformaciones angulares, si corregimos estas deformaciones obtenemos un ortofotomapa ya que el proceso de corrección consiste en el paso a una proyección ortogonal. Las deformaciones son máximas hacia los bordes de la fotografía.

En un fotograma aéreo además de la fotografía propiamente dicha aparecen una serie de elementos que facilitan la interpretación y la corrección.



En primer lugar aparecen cuatro marcas en las esquinas de la foto llamadas marcas fiduciales, si trazamos dos líneas diagonales pasando cada una por dos de estas marcas, estas se cruzarán en el centro de la foto que debe coincidir con el nadir (punto de la superficie terrestre perpendicular al plano focal). Esto sólo es así si el avión volaba sin inclinación, en este último caso el punto central de la foto se desvía respecto al nadir. Por ello en el fotograma aparece una pequeña fotografía del nivel del avión, si la burbuja esta razonablemente en el centro podemos contar con que no se han introducido distorsiones.

El reloj nos informa de la hora y el altímetro de la altura a la que se tomó la foto. Suele aparecer además información acerca del organismo que ha obtenido la foto, fecha, escala, posición y diversa información administrativa.

Puesto que la altura focal es constante, y deben suministrárnosla junto a la fotografía aérea, podemos recalcular la escala dividiendo la altura de vuelo (que puede variar de un fotograma a otro) menos la altura del terreno entre la distancia focal.

$$E=(H-h)/f$$

Evidentemente la escala no va a ser constante, no sólo entre fotografías de un vuelo sino tampoco dentro de la misma fotografía, sino que va a depender de la altitud de cada punto. Si en el área fotografiada existen diferencias de altitud importantes, es necesario tener en cuenta su efecto sobre la escala.

### **3 Series de fotogramas.**

Normalmente los fotogramas que se manejan en cualquier trabajo relacionado con la gestión del territorio no se toman aislados sino que son series que cubren un espacio bastante amplio. Una serie de fotogramas es el conjunto de fotogramas que cubren dicho espacio y que normalmente tienen un solapamiento longitudinal de un 50 o 60%, que permite la visión estereoscópica; y un solapamiento latitudinal de 20-30% para asegurar que no quede espacio por cubrir.

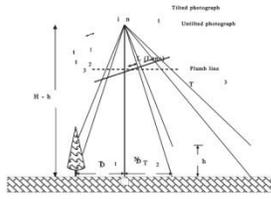
A la hora de planificar un vuelo se tiene en cuenta que si el sol está excesivamente alto se pueden producir reflejos, mientras que si está muy bajo pueden producirse sombras excesivas; sin embargo algunas aplicaciones pueden beneficiarse de la presencia de sombras.

También hay que tener en cuenta el propósito del vuelo. Si se quiere cartografiar formaciones vegetales es preferible evitar sombras y buscar una época en la que las diferentes formaciones puedan distinguirse mejor. Por el contrario, aplicaciones de tipo geológico-geomorfológico se benefician de la presencia de sombras y de la ausencia de hojas en los árboles.

La época más adecuada para realizar un vuelo es primavera y otoño y la mejor hora el mediodía. Con ello se minimizan las sombras y los efectos de reflexión del sol en superficies de agua.

### **4 Paralaje y visión estereoscópica**

Cada uno de nuestros ojos actúan como una cámara que capta una imagen. Cada uno de los ojos adquiere una imagen ligeramente diferente y desplazada debido a los aproximadamente 64 mm de separación entre ellos. El resultado es que los objetos aparecen ligeramente desplazados sobre el fondo, este desplazamiento es transformado por el cerebro en una representación tridimensional ya que el desplazamiento será tanto mayor cuanto más alejado este el objeto del fondo.



Si tenemos dos fotogramas consecutivos con, por ejemplo, un 60% de superposición; tenemos un área común a ambas fotografías en las que los objetos aparecen ligeramente desplazados respecto al fondo. Este desplazamiento será proporcional a la altura relativa del objeto respecto al fondo.

Si miramos ambos fotogramas a la distancia adecuada nuestro cerebro podrá reconstruir una imagen tridimensional. Sin embargo, esto resulta difícil y se facilita mediante el uso de estereoscopios.

Obtención de la línea de vuelo. En primer lugar, se identifican los puntos principales de cada fotograma, a continuación, se busca la ubicación de cada uno de ellos en el otro fotograma. De este forma se obtienen cuatro puntos que forman la línea de vuelo que permite orientar el par de fotogramas correctamente.

## 5 Fotointerpretación

Es el proceso por el que se extrae la información contenida en la fotografía aérea. En una primera fase se trata de reconocer y ubicar los diferentes elementos que aparecen representados. Se requieren ciertos conocimientos acerca de los procesos geomorfológicos, formaciones vegetales y usos del suelo del área de trabajo; hace falta además tener en cuenta la escala del fotograma y el tamaño de los objetos representados. Resulta por tanto una técnica instrumental útil en estudios territoriales.

El primer paso sería orientar los fotogramas. Puede hacerse a partir de la dirección de las sombras y de la hora indicada en el reloj del fotograma o bien, de forma más exacta, mediante un mapa topográfico de la zona.

Existen diferentes elementos en los fotogramas que pueden utilizarse para la identificación de elementos en las mismas, bien a simple vista o bien con el apoyo de la visión estereoscópica:

- Tamaño de los elementos (teniendo siempre en cuenta la escala del fotograma)
- La forma de los elementos
- Las sombras, que pueden dar pistas sobre la forma del objeto ocultas en una vista aérea
- El tono que indica la reflectividad en la región del visible
- Textura, distribución de colores en una fotografía
- Distribución de los elementos

El método de trabajo tradicional ha sido el dibujo de los diferentes objetos que aparecen en la fotografía en acetato transparente al mismo tiempo que se observa el par de fotogramas con estereoscopio. Sin embargo, puede resultar complicado y resulta preferible dibujar sobre el fotograma escaneado al mismo tiempo que se observan los fotogramas con el estereoscopio. Además es posible corregir y georreferenciar de forma semiautomática un fotograma escaneado, de este modo puede integrarse en un Sistema de Información Geográfica. Existen también estereoscopios adaptados para trabajar en la pantalla del ordenador.

## 6 Geología y Geomorfología

### 6.1 Topografía

La acentuación de las diferencias topográficas que proporciona la fotografía aérea nos permite obtener una visión global del paisaje. A partir de la topografía puede llegarse a conclusiones de interés acerca Sin embargo más que en una visión global de la topografía puede ser interesante centrarse en las discontinuidades de detalle de la altitud que van a revelar la existencia de geoformas debidas a los procesos de modelado, erosión diferencial, escarpes, además de las grandes líneas estructurales

### 6.2 Litología

Diversos son los elementos que pueden ayudar a identificar litologías.

- Tonos característicos
- Formas de modelado a que dan lugar
- Tipología de la red de drenaje a que dan lugar
- Comportamiento de la vegetación en relación a los diferentes tipos de roca.

Las rocas sedimentarias presentan planos de estratificación y un bandeo característico fácilmente identificable en la fotografía, aunque, en algunos casos, pueden aparecer oculto por la vegetación. Sin embargo, a veces las discordancias litológicas pueden aparecer resaltadas debido a las preferencias de la vegetación por un tipo de roca u otro.

Las arcillas se caracterizan por un color oscuro, más claro en el caso de las arcillas arenosas. La red de drenaje aparece muy desarrollada y de alta densidad. Resulta difícil identificar fracturas o fallas debido a que la plasticidad de la arcilla las enmascara

Las margas son arcillas que contienen entre un 35 un 65 % de  $CO_3Ca$  por lo que su color es algo más claro y su morfología es semejante a la de las arcillas. Sin embargo dependiendo de la composición pueden dar lugar a morfologías y colores muy diferentes.

Las arenas dan lugar a relieves bajos, formando llanuras irregulares drenadas por redes dendríticas cuya densidad dependerá del grado de cohesión y humedad de las arenas. Los interfluvios tienen formas suaves al contrario que en el caso de las arcillas. Si aparecen mezclas de arenas y arcillas las características de drenaje se combinan.

Los conglomerados presentan características muy cambiantes en función de los materiales

de los que están formados dando lugar a una gran variedad de formas y relieves. En general forman plataformas extensas, horizontales o algo inclinadas extensas, que protegen de la erosión otros materiales más débiles.

Por su falta de elasticidad suelen fracturarse en caso de sufrir esfuerzos tectónicos. Estas fracturas pueden reconocerse, no sólo por la presencia de escarpes, sino también a que tanto la vegetación como la red de drenaje se concentran en ellas.

Las calizas, por ser rocas sedimentarias, pueden aparecer mezcladas con proporciones diversas de otros materiales como arena, arcilla o marga. Las calizas más puras suelen ser más resistentes dando, por tanto, lugar a relieves más fuertes.

Los estratos calizos son continuos y con bordes suaves y redondeados y forman resaltes sobre otros estratos menos resistentes. En el caso de que hayan experimentado pliegues complejos su identificación puede resultar compleja.

En el caso de estratos de calizas puras, horizontales o sub-horizontales y afectados por procesos de fracturación, estos se ven sometidos a procesos de carstificación que se muestran en la fotografía aérea como alineaciones de dolinas y la aparición de poljes. Por otra parte la infiltración del agua supone la ausencia de red de drenaje y la escasez de la vegetación.

Es habitual la presencia de capas intercaladas de estratos calizos intercalados con margas o margocalizas perfectamente identificables en el caso de que los pliegues no sean muy complejos.

### **6.3 Estructura**

Con el uso de la fotografía aérea resulta sencillo identificar fallas y fracturas de gran tamaño aunque no las pequeñas. Tampoco suele poder distinguirse entre falla y fractura. En general son más fáciles de identificar en ambientes áridos y semiáridos

Las fallas en las que la componente vertical del desplazamiento es más importante que la horizontal modifican la topografía con lo que su identificación en el campo es más sencilla. La inclinación del plano de falla solo puede apreciarse cuando origina escarpes y toda la morfología de facetas, barrancos y conos de deyección asociada.

Todas las modificaciones que pueden sufrir este tipos de estructuras a posteriori debido a los procesos erosivos (retroceso y pérdida de altura del escarpe) son difícilmente observables en fotografía aérea.

Las fracturas suelen actuar como zonas de acumulación de agua. EL resultado es un incremento de la acción de los procesos erosivos que se pone de manifiesto en la topografía y es fácilmente detectable en fotointerpretación.

En cuanto a los plegamientos, la erosión diferencial acentúa la diferenciación entre estratos y suele provocar inversiones del relieve (anticlinales desventrados y sinclinales colgados). En los sinclinales la charnela sinclinal suele coincidir con una zona deprimida apareciendo sierras alargadas cuya vertiente más suave mira hacia el eje del sinclinal. La topografía de domos y cubetas es similar a la de anticlinales y sinclinales (respectivamente) pero con planta anular.

Se puede reconocer la presencia de un estrato y su dirección de buzamiento ya que el talud de menor pendiente mira hacia este. La parte convexa del talud mira en dirección contraria al buzamiento.

## **6.4 Drenaje**

La exageración del relieve en una fotografía aérea permite apreciar detalles de la red de drenaje que no resultan fáciles de detectar en un mapa a la misma escala. La precisión obtenida no puede igualarse con visitas de campo que además no permiten una visión de conjunto.

Ayudan a la identificación de litologías y estructuras ya que la red de drenaje esta sujeta a numerosos controles por parte de litología, topografía y estructura.

La densidad de la red de drenaje disminuye con la dureza de la roca.

En ausencia de control estructural la red tiende a ser dendrítica En el caso de control por plegamientos aparecen redes paralelas o sub-paralelas, radiales (centrífugas o centrípetas), anulares (centrífugas o centrípetas). Los cauces son de tipo anastomosado.

E el caso de control por fracturación la red de drenaje corre por fallas y fracturas debido a que son zonas de menor resistencia. En consecuencia las redes de fracturas tienden a formar redes de tipo angular

## **6.5 Depósitos fluviales**

Los depósitos aluviales en los cauces de los ríos de cierta entidad son difíciles de reconocer directamente debido a problemas de escala y a la existencia de vegetación, sin embargo se pueden localizar por su posición topográfica.

Las terrazas fluviales son fáciles de identificar:

1. Superficies más o menos planas.
2. Borde escarpado y a cierta altura respecto al cauce actual del río.
3. Discontinuas.
4. Aparecen varios niveles, tanto más antiguos cuanto más altos.

Los conos de deyección aparecen sobre llanuras en la desembocadura de torrentes temporales. Su forma les hace ser fácilmente reconocibles en fotografía aérea

Coluviones. Son depósitos formados por materiales arrancados de las laderas. Suelen presentar una morfología anómala respecto a la zona.

Costras en lo alto de glacis de acumulación. Son depósitos horizontales de un color generalmente más oscuro. Transito suave entre la parte plana y el escarpe, forma palmeada

## 7. Vegetación y usos del suelo

La vegetación aparece en general como manchas de tonos oscuros que dependerán de factores diversos como tipo de vegetación y estado vegetativo (cuanto más sana sea la planta más oscuro será el tono), humedad del suelo (cuanto mayor sea la humedad tanto en el suelo como en la planta más oscuro será el tono), época del año (los cereales dan lugar a manchas oscuras en invierno y claras en verano), inclinación solar, etc.

En general va a ser la forma que adopten las manchas visibles en la fotografía lo que nos va a dar las pistas más fiables para identificar componentes de vegetación natural o cultivada. La gran ventaja de la fotografía aérea sobre las imágenes de satélite es que el tamaño de pixel o tamaño de grano es inferior al tamaño de los objetos que se quieren identificar cuando se estudia vegetación. Esta afirmación es, sin embargo, cada vez menos cierta ya que se dispone hoy en día de imágenes de satélite con una resolución de 1 metro.

Es importante tener en cuenta la escala aproximada del fotograma para estimar las dimensiones reales de los objetos que estamos viendo a partir de su dimensión sobre el papel. Individuos de diferentes especies vegetales pueden tener formas similares, en cuanto a su proyección sobre la superficie, pero variar en tamaño.

Otro elemento fundamental es la forma con que se disponen las manchas que observamos. Una disposición regular, formando mallas o siguiendo las curvas de nivel, indica normalmente cultivos; mientras que la vegetación natural suele disponerse en forma más irregular o con adaptaciones complejas a factores ambientales.

Estos factores ambientales constituyen una información contextual que resulta también de gran valor para identificar diferentes especies o usos del suelo debido a que condicionan la actividad de la vegetación directamente o a través del tipo de suelo a que dan lugar.

- La **topografía** constituye un conjunto de factores primordiales. En primer lugar, la pendiente, orientación, área drenada, rugosidad
- **litología**. Algunos tipos de roca no permiten el desarrollo de la vegetación o, en todo caso, de una vegetación muy pobre (yesos por ejemplo). Sin embargo terrenos aluviales o suelos desarrollados sobre rocas carbonatadas con escasa pendiente van a permitir un desarrollo importante de la vegetación.
- **geomorfología**. Determinadas geoformas (fallas, fracturas, barrancos, etc.) pueden dar lugar a una concentración de agua que favorezca el desarrollo de la vegetación.
- **clima** A grandes rasgos a cada tipo climático le corresponde un tipo de vegetación, pero en el análisis de fotografías aéreas es necesario tener en cuenta las variaciones micro-climáticas que pueden dar lugar a cambios en la vegetación. Por ejemplo determinadas especies son más susceptibles de aparecer en umbría que en solana, la altitud va a condicionar el microclima y por tanto las especies que aparezcan

Por tanto resulta útil conocer la distribución espacial de todos estos factores antes de iniciar el trabajo de identificación de especies